

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-141617

(43)Date of publication of application : 17.05.2002

(51)Int.Cl.

H01S 5/343
H01L 33/00

(21)Application number : 2000-338760

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 07.11.2000

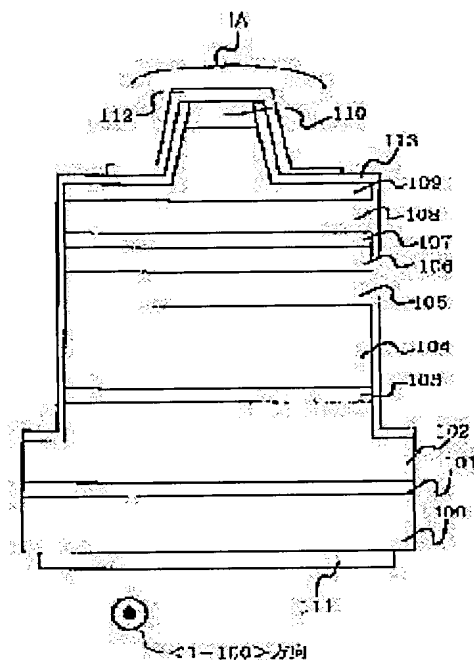
(72)Inventor : TSUDA YUZO
ITO SHIGETOSHI

(54) NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT AND OPTICAL DEVICE COMPRISING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a nitride semiconductor light emitting element having an emission wavelength of shorter than 450 nm in which the threshold current density is reduced while enhancing emission efficiency.

SOLUTION: The nitride semiconductor light emitting element has a nitride semiconductor multilayer structure formed on a nitride semiconductor substrate 100 or a pseudo GaN substrate while including an emission layer 106 comprising an $\text{In}_a\text{Ga}_{1-a}\text{N}_{1-x-y-z}\text{As}_x\text{PySb}_z$ ($0 < a \leq 0.25$; $0 < x+y+z \leq 0.15$) well layer and an $\text{In}_b\text{Ga}_{1-b}\text{N}$ ($1 \times 10^{-4} \leq b \leq 1.5 \times 10^{-1}$) barrier layer between p-type layers 107-110 and n-type layers 102-105.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

22

な縦断面図が示されている。

【0107】図6の発光ダイオード素子は、C面(0001)を有するn型GaN基板600、低濃度GaNパッド層601(膜厚100nm)、n型GaN層602(膜厚3μm、Si不純物濃度 $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$)、発光層603、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nキヤリアープラック層604(膜厚20nm、Mg不純物濃度 $6 \times 10^{19}/\text{cm}^3$)、p型GaNコンタクト層605(膜厚0.1μm、Mg不純物濃度 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^2$)、透光性電極606、p型電極607、およびn型電極608を含む。なお、このような発光半導体発光ダイオード素子は、実施例1の場合と同様の製造方法で作製することができる。

【0108】本実施例のn型電極608としては、n型GaN基板600の裏面側からHf/Auの順の積層が形成された。この他に、n型電極材料としては、Ti/Al、Ti/Mo、Hf/Auなどを用いることもできる。特に、n型電極にHfを用いることは、その電極のコンタクト抵抗が下がるので好ましい。また、本実施例のn型電極608はn型GaN基板600の裏面側に形成されたが、図7に示されているように、ドライエッチングを利用した部分的なエッチングによってエッチングのp型電極側からn型GaNコンタクト層602の一面を露出させ、その露出部にn型電極608を形成してよい。

【0109】他方、p型コンタクト層605上には、厚さ7nmのPd透光性電極606を形成し、その上にp型電極607としてAuが蒸着された。なお、この透光性電極材料として、たとえばNi、Pd/Mo、Pd/Pt、Pd/Au、Ni/Auなどを用いてもよい。

【0110】最後に、n型GaN基板600の裏面側からスクライバを用いてチップ分割が行われた。スクライバを基板の裏面側から行なうのは、スクライバによる割れが光射出面となる透光性電極側に付着しないようするためである。面交する2方向のスクライブ方向のうち、一方の方向は発光半導体基板のへき面に平行になるようにチップ分割を行なった。このことにより、チップ分割時におけるチップング、クラッキングなどによるチップ形状の異常を防止し、ウエハあたりの歩留りを向上させることができる。以上のようにして、本発明による発光半導体発光ダイオード素子を作製することができる。

【0111】なお、発光半導体(GaN)基板600の代わりに、実施例2で説明された擬似GaN基板が用いられる。そのように擬似GaN基板上に成長させられた発光半導体発光ダイオード素子においても、その特性は発光半導体基板上のダイオード素子とほぼ同じである。ただし、擬似GaN基板では、異通位差の低い領域と高い領域が混在しているため、発光半導体基板に比べて発光素子の歩留りが少し低下する。他

27

造条件は、実施例1の場合と同様である。ただし、そのパッケージ実装については、種基板の熱伝導率が低い(たとえばサファイア基板)場合には、半導体接合を下にして実装することが好ましい。またレーザダイオードとも図4に示されたリッジストラップ部1Aが、少なくとも図2の破線部206と207および図3(b)中の破線部208と209を含むように形成される。

【0102】なお、低濃度パッド層101は低濃度Al_{0.1}Ga_{0.9}N(0.5±0.1)パッド層であってよく、その低濃度パッド層自体が省略されてもよい。しかしながら、擬似GaN基板の表面をホログラフィーが良好でない場合には、低濃度Al_{0.1}Ga_{0.9}Nパッド層を挿入した方が表面ホログラフィーを改善し得る点で好ましい。

【0103】(実施例3)実施例3においては、実施例1の光ガイド層の材料が種々に変えられた。実施例1ではn型光ガイド層105とp型光ガイド層108の両方がGaNで形成されていたが、それらのGaN層の窒素原子の一部がAs、P、またはSbのいずれかで置換されてもよい。すなわち、GaN_{1-x-y-z}As_xP_ySb_zNi_{1-x-y-z}(0≤x≤0.03、0≤y≤0.06、0≤z≤0.01、x+y+z≠0)の光ガイド層を用いることができる。

【0104】従来のAlGaNクラッド層/GaN光ガイド層では、たとえクラッド層中のAl含有量を増大させても、これらの互いの屈折率差が小さく、逆に格子不整合が増加してクラッド層の発生や結晶性の低下を招く。他方、AlGaNクラッド層とGaNAsP Sb光ガイド層との組合せの場合、As、P、またはSbによるバンドギャップにおける非常に大きなポテンシャルのために、従来の比に比べてわずかな格子不整合でエネルギーバンドギャップ差が大きくなるとともに屈折率差も大きくなる。このことにより、発光半導体レーザダイオード素子においてレーザ光を効率よく閉じ込めることができる。垂直共振モード特性(単峰性)が向上する。

【0105】GaNAs_{1-x-y-z}P_ySb_zNi_{1-x-y-z}(0≤x≤0.03、0≤y≤0.06、0≤z≤0.01、x+y+z≠0)光ガイド層における組成比率に関しては、その光ガイド層が発光層中の障壁層に比べてエネルギーバンドギャップが大きくなるようにx、y、およびzの組成比を調整すればよい。たとえば、青色レーザ(波長410nm)素子中のGaN_{1-x-y-z}As_x光ガイド層の場合にはAsの組成比率xが0.02以下、GaN_{1-y-z}Py光ガイド層の場合にはPの組成比率yが0.03以下、そしてGaN_{1-z}Sb_z光ガイド層の場合にはSbの組成比率zが0.01以下に調整される。なお、この実施例3における発光層に関する他の条件は、実施例1の場合と同様である。

【0106】(実施例4)実施例4は発光半導体発光ダイオード素子に関するものである。図6において、この実施例4の発光半導体発光ダイオード素子の模式的

20

(ただし、六方晶系が維持されることが条件である)。さらに、Al_{0.5}Ga_{0.5}In_{0.5}N膜中には、Si、O、C、I、S、Ge、Zn、Cd、Mg、および/またはBeがドーピングされてもよい。n型発光半導体膜としては、これらのドーピング材のうちのSi、O、C、Iが特に好ましい。

【0098】種基板201の具体例としては、C面、M面、A面、もしくはR面を主面として有するサファイアを用いることができる。この他にGaAs、ZnO、MgO、スピネル、Ge、Si、6H-SiC、GaN、4H-SiC、または3C-SiCなどを用いることができる。また、成長抑制層204の具体例としては、SiO₂、SiN_x、TiO₂、もしくはAl₂O₃などの誘電体膜、またはタンタル酸などの金属膜を用いられる。また、図2に示された成長抑制層204の位置に、その代りに空洞部が設けられてもよい。n型GaN層205中に空洞部が設けられれば、その空洞部の上方では結晶性が緩和され、結晶的に発光素子の発光効率の向上に寄与するので好ましい。

【0099】種基板201として導電性のSiCやSiが用いられる場合には、図1に示されているように、基板の裏面側にn型電極を形成してもよいことは言うまでもない。ただし、その場合には低濃度パッド層202の代わりに高濃度パッド層を用いる必要がある。ここで、高濃度パッド層とは、少なくとも700℃以上の温度で堆積されたパッド層を意味する。また、高濃度パッド層は少なくともAlを含んでいなければならない。たとえSiの基板上に結晶性の良好な発光半導体膜を成長させることができないからである。最も好ましい高濃度パッド層として、InAlNが用いられる。

【0100】本実施例の種基板の主面として用いられる面方位は、C面(0001)、A面(11-20)、R面(1-102)、M面(1-100)、または(1-101)面を用いることができる。また、これらの面方位から2°以内のオフ角度を有する基板主面であれば、その表面ホログラフィーが良好である。

【0101】次に、擬似GaN基板を用いた発光半導体発光素子(レーザダイオード)について、図4を参照して説明する。図4の発光素子は、基板300、低濃度nパッド層101、n型GaNコンタクト層102、n型In_{0.01}Ga_{0.99}Nクラッド層防止層103、n型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層104、n型GaN光ガイド層105、発光層106、p型Al_{0.2}Ga_{0.8}Nキヤリアープラック層107、p型GaN光ガイド層108、p型Al_{0.1}Ga_{0.9}Nクラッド層109、p型GaNコンタクト層110、n型電極111、p型電極112、およびSiO₂誘電体膜113を含む。この

で、基板300としては、前述の擬似GaN基板が用いられる。このレーザダイオードのその他の詳細な製

19

03a、第2のn型GaN膜203bを含む。ここで、図3(a)は擬似GaN基板200aを作製する途中の工程を表わし、図3(b)はその完成図を表わしている。

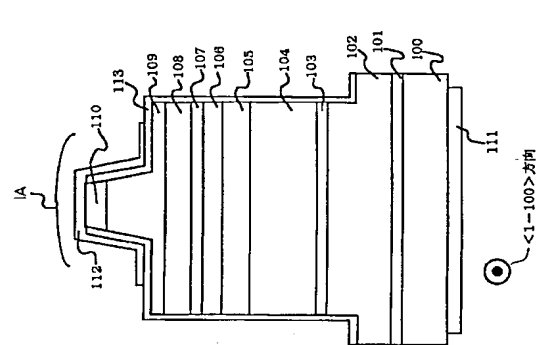
【0094】図3(a)に示されているように、まず第1のn型GaN膜203aが低濃度パッド層202上に堆積された後に、ドライエッチング法またはウェットエッチング法によってその第1のn型GaN膜の表面を溝状に加工する。その後、種基板が再び成長抑制層内へ搬送され、第2のn型GaN膜203bを堆積し、こうして、擬似GaN基板200aを完成させる(図3(b)参照)。なお、図3(a)では第1のn型GaN膜203aの厚さの途中までしか溝を形成していないが、低濃度パッド層202または種基板201に至る際まで溝を形成してもよい。

【0095】こうして作製された擬似GaN基板200または200a上に発光半導体膜を成長させれば、その発光半導体膜の貫通位密度(エッチング密度)が、サファイア基板やSiC(約 $7 \times 10^{17}/\text{cm}^2$ 以下)が、発光半導体膜の貫通位密度(エッチング密度)が約 $4 \times 10^{18}/\text{cm}^2$ (以上)に比べて低くなる。ただし擬似GaN基板は成長抑制層または溝の形成位置に依存して貫通位密度の低い領域と高い領域が混在する。発光半導体基板に比べて発光素子の歩留りが低くなる。他方、擬似GaN基板は、発光半導体基板に比べて安価に大面積のものが作製される点で好ましい。

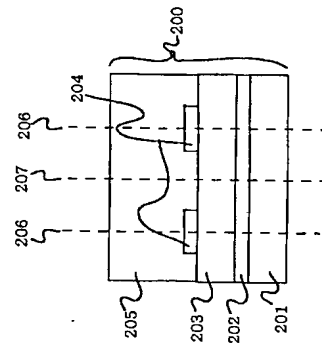
【0096】貫通位密度の低い領域は、図2において結晶成長抑制層204の幅の中央直上206成長抑制層204が形成されていない部分の幅の中央直上207とを除く領域であり、図3(b)においては溝の幅の中央直上208と溝を除く領域である。すなわち、図2の中央直上206と207の間の中央付近および図3(b)中の破線部208と209の間の中央付近において、貫通位密度が低く、破線部206、207、208、および209の部分では逆に貫通位密度が高い。したがって、擬似GaN基板上に発光素子を作成する場合は、上述の貫通位密度の低い領域上に形成すればよい。

【0097】なお、上述のn型GaN膜205、第1のn型GaN膜203a、第2のn型GaN膜203bの材料はGaNに限らず、Al_{0.5}Ga_{0.5}In_{0.5}N(0≤x≤1、0≤y≤1、0≤z≤1、x+y+z=1)を用いることができる。発光半導体レーザの場合、垂直モードの単峰化のためにはクラッド層よりも屈折率の低い層がそのクラッド層の外側に設けられる必要がある。AlGaNを用いることはこの観点から好ましい。また、Al_{0.5}Ga_{0.5}In_{0.5}N(0≤x≤1、0≤y≤1、0≤z≤1、x+y+z=1)の窒素原子のうち約10%以下が、As、B、またはSbで置換されてもよい

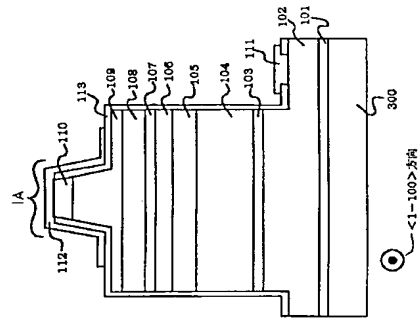
【図1】



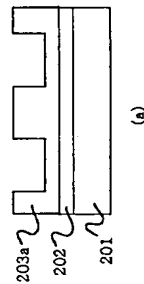
【図2】



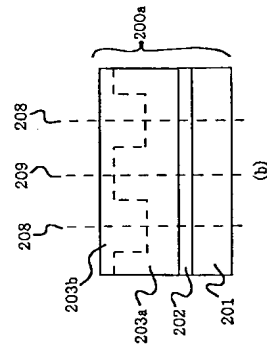
【図4】



【図3】

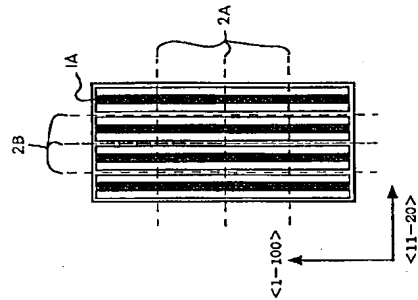


(a)

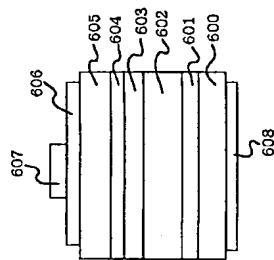


(b)

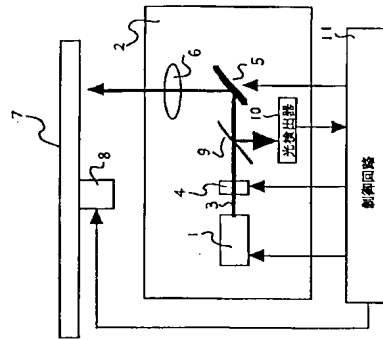
【図5】



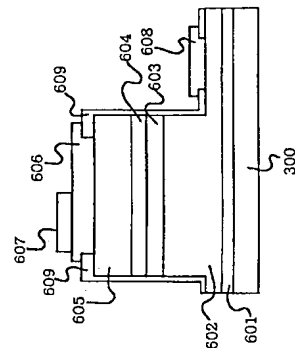
【図6】



【図8】



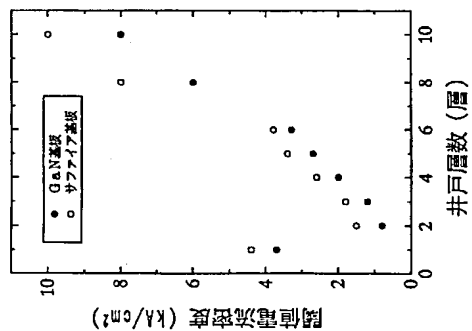
【図7】



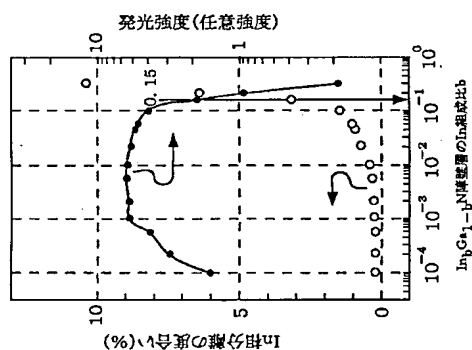
フロントページの続き

Fターム(参考) 5F041 AA03 CA04 CA05 CA34 CA40
CA65
5F073 AA74 AA83 BA04 CA07 CB02
CB05 CB20 DA05 DA22 DA24
DA32 DA33 EA07 EA23 FA01
FA13 GA02 GA12

【図10】



【図9】



【図11】

